

## CONVERSES DE FÍSICA

## Una conversa entre la física i l'ecologia

Sílvia Bravo

Dissabte al matí del primer dia de desembre de 2007. Lluís Garrido, Josep Antoni Grífols, Jordi Bascompte i Jordi Flos es troben d'hora a Terrassa. El Lluís i el Josep Antoni són físics. Els Jordis són ecòlegs. Hi van convocats per la Societat Catalana de Física i pel Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya, perquè ambdues institucions creuen que de la conversa interdisciplinària en poden sorgir bones idees i, sobretot, una millor comprensió d'allò que ens envolta i, per què no, d'allò que som.

I a l'hora del vermut s'inicia la conversa. I com? Doncs amb un petit joc...

La física de partícules és a la cosmologia com x és a l'ecologia? x existeix? Hi ha alguna teoria que ens permeti relacionar també en el món de l'ecologia les coses més petites amb les coses més grans?

Lluís Garrido (LG): Jo sóc un físic experimental de partícules. I el que fem els físics de partícules en experiments com els del CERN és provocar la col·lisió de partícules a molt altes energies, i així verificar els models teòrics que tenim, cosa que es coneix com el model estàndard, i que tenen implicacions cosmològiques. Per veure aquesta relació entre la física de partícules i la cosmologia deixeu-me que parli de l'Univers. Sabem que avui en dia l'Univers s'està expandint. De fet, ara a l'Univers gairebé no hi ha col·lisions entre les partícules, perquè és gairebé buit. Però, fa un temps, l'Univers era molt més petit, les col·lisions entre les partícules eren molt més freqüents, i també molt més energètiques. I això és el que intentem reproduir en llocs com el CERN. Fem col·lidir partícules a les energies que aquestes tenien en els primers segons de l'Univers. I el que aprenguem en aquests entorns controlats ho podem traduir després als models cosmològics que intenten explicar com ha evolucionat l'Univers. Per exemple, en l'experiment en què jo treballo, l'LHC-b, intentem explicar per què quan mirem l'Univers veiem que només està fet de matèria. I l'antimatèria, que els nostres models prediuen i que sabem que existeix, ha desaparegut. És a dir, intentarem donar resposta a aquest efecte cosmològic, que l'Univers actualment està fet només de matèria, a partir de l'estudi de les col·lisions de partícules elementals. Intentarem trobar una

explicació a per què això ha passat, per què l'antimatèria ha desaparegut.

Jordi Flos (JF): A veure, jo sóc ecòleg. De física de partícules no en sé gaire. Deixa'm que intenti explicar què és el que entenc que vosaltres feu, i ja em corregiràs. Jo entenc que vosaltres el que feu és com una mena de focs artificials d'una festa major, en què tireu tots els coets alhora en un punt. Aleshores, n'hi ha uns que es posen unes ulleres verdes, l'altre unes ulleres polaritzades i l'altre d'un altre tipus. I un intenta seguir el coet verd, l'altre el blau i l'altre un coet que puja molt amunt. I és clar, vosaltres teniu teories —això potser ens ho explicarà millor el Toni— que us diuen que ha de sortir un coet blau que pugi molt amunt. I aleshores busques les ulleres de veure en blau i mires ben amunt. Però hi ha llocs on hi ha molt de soroll, com el centre de l'explosió, on hi ha moltes coses barrejades i és molt difícil veure què hi passa. Però, vaja, aparentment, teniu una teoria que us diu com i on heu de mirar.

També m'ha semblat molt interessant això que has dit, que un dels problemes que teniu és entendre on està l'antimatèria. És a dir, quan mirem l'Univers ens hi falten coses. Sembla com si hi hagués una asimetria molt estranya. Bé, en biologia hi ha asimetria. Ens fem preguntes similars. Per què els aminoàcids són tots d'esquerres?, levogirs, per exemple? O per què unes altres molècules són sempre de dretes, quan realment quan les sintetitzes al laboratori en surten tantes de dretes com d'esquerres? Doncs bé, perquè a la vida, en algun moment, hi va haver l'amplificació d'una petita diferència. O aquesta és l'explicació que els biòlegs hi donem.

Josep Antoni Grífols (TG): Jo sóc també un físic, però un físic teòric. Intento construir models que reproduïxin el món, i els darrers anys m'he decantant cap a una física teòrica d'altres energies que està en la interfície entre les partícules strictu sensu i la cosmologia. Formo part d'una comunitat que ha sorgit en els darrers anys, la física d'astropartícules, que combina el que es coneix del microcosmos amb el que es coneix del macrocosmos i intenta il·luminar, des d'una banda, coses de l'altra, i viceversa. Perquè, com el Lluís ha explicat, hi ha una connexió molt

íntima entre el comportament del món a l'engròs i el comportament de les partícules de fa 14.000 milions d'anys, a molt altes energies i a petites distàncies. És a dir, que és molt rellevant saber de què està fet el món —el que ja intentaven explicar els grecs amb els quatre elements: terra, aire, aigua i foc; i que ara sabem que són els quarks, els electrons, els neutrins i tota aquesta zoologia que coneixem— per entendre l'Univers a l'engròs.

I tornant al tema de la matèria i l'antimatèria, el que hem après d'aquesta combinació de cosmologia i física de partícules és que l'Univers de fa 14.000 milions d'anys era molt diferent del que coneixem ara. Pràcticament hi havia el que tu deies, simetria. La quantitat de matèria i d'antimatèria era pràcticament paritària. Per cada quilo d'antimatèria hi havia un quilo i una milionèsima de gram de matèria. És a dir, el superàvit inicial de matèria era d'una part entre mil milions. L'Univers primitiu era gairebé simètric, molt diferent de l'actual.

Una altra cosa que m'interessa molt de la cosmologia és la relació amb les creences culturals. Tota civilització ha tingut una manera d'entendre el món. I aquesta manera d'entendre el món que ara tenim, en el segle XXI, és per primera vegada una manera d'entendre el món a l'engròs versemblant, científicament versemblant, que no és mítica. Finalment, voldria encara introduir una de les descobertes recents de la cosmologia. I és que no només sabem que l'Univers antic era molt diferent, amb molta antimatèria, sinó que la matèria és ara només el 5 % del que forma el nostre Univers actual. El que s'ha descobert és que el 70 % del que hi ha a l'Univers és el que s'anomena energia fosca. I aquesta energia fosca provoca l'acceleració de l'Univers, el qual no només s'està expandint —com ens deia abans el Lluís— sinó que ho fa acceleradament. És com una fugida cap endavant. El nostre Univers està cada cop més accelerat, una mica com la vida moderna, si em permeteu l'analogia. D'aquest 70 % d'energia fosca en sabem poc. Hi ha teories que diuen que és l'energia del buit; és a dir, que el destí de l'Univers podria estar dominat pel buit, pel no-res. I encara podríem parlar del 25 % que ens falta, que és la matèria fosca, una matèria invisible que no emet radiació electromagnètica.

JF: Això lliga perfectament amb allò que deia de mirar les coses amb diferents ulleres. M'estàs parlant d'una cosa que els teòrics sabeu, suposo que perquè no sortien els números i us heu hagut d'inventar una explicació. I la meua pregunta és, per què en dieu fosca?

TG: Doncs perquè no brilla, no té interacció electromagnètica, no emet fotons.

JF: Però la podeu detectar?

TG: Sí, gravitatòriament. Fins i tot Kepler podria fer-ho, només per física newtoniana ja sabem que ha d'haver-hi matèria fosca.

JF: Per això deia que no surten els números. És a dir, es detecta —es quantifica— experimentalment. I això és

el que ens creiem. Vull dir que amb l'experiment posem en dubte la teoria: experimentalment veiem que hi ha una matèria que no veiem, però que hi ha de ser, i aleshores ens preguntem com ho expliquem.

Jordi Bascompte (JB): Si em permeteu interrompre, deixeu-me que intenti explicar què fem els ecòlegs i per què tenim necessitat d'un diàleg amb la física, i amb altres disciplines en general. Si busquem una definició acadèmica de l'ecologia, podríem dir que és la ciència que descriu les interaccions entre els organismes d'un ecosistema, és a dir entre ells i el seu ambient, i que ens permet entendre com aquestes poblacions es regulen al llarg del temps. Però sempre que parlo d'aquestes definicions me'n ve al cap una altra, la que donava Ramon Margalef, que deia que l'ecologia era el que quedava de la biologia quan totes les coses importants ja tenien un nom. I malgrat aquest context lúdic, com en totes les coses que deia Margalef, hi ha una càrrega de profunditat molt gran: els límits de l'ecologia són molt més difosos que els límits que poden tenir altres disciplines.



L'ecologia és una ciència jove, de menys d'un segle, i amb un component naturalista molt fort. És una ciència que ha tingut un gran èxit a l'hora de descriure. Hem descrit molt bé com varien les poblacions d'insectes al llarg del temps o les concentracions de plàncton en el mar. Això és un primer pas, un primer pas important. Però hi ha una cosa en què no hem tingut tant d'èxit, i és a entendre els mecanismes que generen aquests patrons. Aquí tenim un dèficit, que s'ha vist incrementat els darrers anys, quan els ecòlegs ens veiem amb la necessitat de respondre preguntes com ara fins quan podem pescar un determinat tipus de peixos abans que la pesqueria es col·lapsi?; o fins quan podem talar un bosc tropical abans que hi hagi l'extinció d'una determinada espècie? Aquest tipus de preguntes són d'una complexitat fonamental, que ens empenyen a buscar noves formes d'aproximar-nos a l'ecologia, com ara intentar crear una ecologia més predictiva. I és en aquesta

necessitat quan mirem exemples d'altres disciplines, com ara els físics, que heu tingut molt d'èxit en crear un cos teòric que permet entendre com funciona l'Univers. I és en aquest sentit que crec que s'ha creat la necessitat imperiosa d'aproximar-se a preguntes de l'ecologia des de disciplines variades. Perquè no podem fer un experiment que sigui anar a un bosc tropical, esperar cinquanta anys i veure fins a quin punt ha davallat la biodiversitat. Cal buscar vies alternatives, com poden ser la teoria o la simulació per ordinador. Aquestes són les coordenades que al meu entendre defineixen l'estat actual de l'ecologia i la necessitat d'establir ponts amb altres disciplines.

JF: Sí, tornem al joc inicial, què és aquella  $x$ , i seguint el que diu el Jordi. Vosaltres, els físics, esteu estudiant l'inici de l'Univers, allò més petit, perquè figura que el que ara veiem és el desenvolupament d'aquests focs artificials, perdoneu que insisteixi en l'analogia. Els ecòlegs, podem tenir una teoria que ens permeti entendre un ecosistema a partir de la construcció de les seves peces, d'allò més petit? El problema és que per un biòleg l'element més petit en un ecosistema són els organismes. Però aquesta és una entitat que els biòlegs tenim molt clara. És evident que també ens preguntem el que passa dins de l'organisme, però això ja seria parlar, per exemple, de genètica.

En ecologia, intentant reproduir el que feu els físics, si agaféssim tots els organismes d'un ecosistema, en definíssim el comportament respecte dels altres i del medi, i amb això intentéssim muntar un ecosistema, és a dir, els poséssim en un espai i intentéssim reproduir-hi la vida, crec que ens trobaríem amb dos problemes. El primer és que ara mateix no podem reproduir virtualment, simular, la vida amb un grau de detall elevat. El segon, i segurament més important, és que partim de la base que els elements inicials no canvien, és a dir, que són àtoms. Però un organisme, un animal o una planta, està tan ben definit? A priori els biòlegs pensem que sí. Però a mesura que sabem més i més biologia, ens adonem que hi ha un grau d'indeterminació molt gran. En alguns casos ho sabem molt bé; sabem que, quan certa cèl·lula es reproduceix, en un 60 % dels casos surt d'una manera i en un 40 % d'una altra. I cadascuna d'aquestes, quan es reproduceix, ho fa amb el mateix grau d'indeterminació. L'atzar hi juga. El que vull dir és que fins ara en biologia hem descrit sempre el que és una espècie i la seva evolució de certa manera pot ser similar a la mecànica estadística, i que potser ho hauríem de fer més com ho fa la mecànica quàntica; és a dir, amb alguna teoria que parteixi de la base que hi ha una gran incertesa.

LG: Deixa'm que intenti resumir el que he entès que feu els ecòlegs. Abans d'arribar a la  $x$ . Vosaltres teniu una col·lectivitat d'organismes, que poden ser diferents, i a partir d'unes lleis que expliquen com interaccionen entre ells i amb el medi voleu fer un model que expliqui l'evolució dels ecosistemes. Seria com dir que tenim una caixeta

amb partícules —en el nostre cas els organismes serien partícules— i volem veure com evoluciona. Què passa? Bé, en el nostre cas les lleis que tenim són lleis molt fonamentals, són universals. Els organismes, per nosaltres les partícules, tenen un únic model al darrere. No hem d'estar pensant que aquest organisme interacciona així i aquest altre aixà. El nostre model és global. Els experiments el que fan és millorar aquests models, però sempre tenim un model darrere que intentem verificar. I el nostre model explica totes les interaccions que hem vist entre les partícules. Fins i tot la matèria fosca acabarà sent una partícula, una partícula que ja sabem que interacciona poc, perquè si no ja l'hauríem observat, i que ha de tenir massa perquè té efectes gravitatoris. El que entenc és que en el vostre cas això és molt més difós. No sé si hi ha l'equivalent d'una llei universal d'interacció entre organismes, o una llei universal de com aquests interactuen amb el medi. I és més, també hauríem de veure la relació entre aquestes lleis universals i les lleis de la física. Això està relacionat amb aquesta  $x$  que estem buscant. Crec que no podem fer aquest paral·lisme perquè ens manquen aquestes lleis fonamentals en l'ecologia. Però, vaja, això és una pregunta.

JB: Efectivament hi ha una diferència en el nivell de precisió. L'ecologia és més difosa, més complexa. Treballa a una escala macroscòpica força àmplia. Malgrat tot, jo sóc optimista i penso que podem establir aquest paral·lisme. Si voleu, entrant en el que seria la meua resposta a què és la  $x$  en ecologia, jo diria que seria la teoria metabòlica. Què és? Doncs és una teoria que ha desenvolupat Jim Brown, de la Universitat de Nou Mèxic, amb Geoffrey West, que és un físic a Los Àlamos, entre d'altres. I la idea és precisament utilitzar principis bàsics, lleis metabòliques, com ara que la taxa metabòlica d'un organisme escala com una potència de la seva mida corporal. Aquesta és una llei força sòlida, independent de l'organisme. I el que s'està treballant és veure fins a quin punt, a partir de principis bàsics com aquest, podem preveure la distribució d'abundàncies d'organismes, el nombre d'espècies o qüestions relacionades amb diferències de mida. Aquestes serien qüestions macroscòpiques que intenten explicar-se a partir d'un principi bàsic. I per mi aquesta seria la resposta a què és o què podria ser la  $x$  en ecologia.

I fins aquí només un petit extracte del que es va parlar. La discussió va continuar al voltant de si una llei és el mateix per un físic i per un biòleg. I gràcies al fet que la conversa era en obert, amb públic i al voltant d'un vermut, la discussió es va obrir a altres físics i biòlegs, matemàtics, psicòlegs o periodistes. En podeu veure més a la pàgina web: <http://www.vermutsdecienca.blogspot.com>.